

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-114384

(43)Date of publication of application : 07.05.1993

(51)Int.Cl.

H01J 43/06

(21)Application number : 03-277792

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 24.10.1991

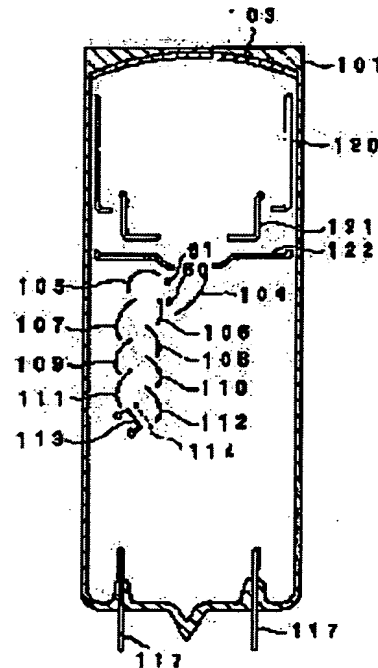
(72)Inventor : NAKAMURA KOJI

(54) PHOTOMULTIPLIER TUBE

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce the fluctuation of electron transit time at the time of cascade multiplication.

CONSTITUTION: In a glass tube 101, a photoelectric cathode 103 on the inner wall, focus electrodes 120,121, dynodes 104-113, and an anode 114 are provided. To the dynodes 104-113, bleeder voltages of 800-2250V are applied so as to be increased step by step successively according to the approach to the anode 114 respectively. Auxiliary electrodes 60,61 are provided between the 1st. dynode 104 and the 2nd dynode 105. The auxiliary electrode 60 is used for deceleration of secondary electrons generated from the 1st. dynode 104, and a voltage equal to that of the 2nd dynode 105 is applied to it. The auxiliary electrode 61 is used for acceleration of secondary electrons and a voltage equal to that of the 4th dynode 107 is applied to it.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3267644

[Date of registration] 11.01.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right] 11.01.2005

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The photomultiplier tube which carries out cascade multiplication of the electron produced by incident light in the photoelectric surface by the secondary-electron-emission effectiveness by two or more steps of dynodes, is the photomultiplier tube which detects said incident light, and is characterized by having the decelerating electrode which slows down what has a large rate among said secondary electrons produced from the 1st step of the dynode of a stage. [two or more]

[Claim 2] The photomultiplier tube according to claim 1 characterized by having further the accelerating electrode which accelerates what has a rate small among the secondary electrons produced from said dynode of the 1st step.

[Claim 3] The photomultiplier tube according to claim 2 characterized by having given predetermined potential to the secondary electron produced from said dynode of the 1st step, and having further the adjustment electrode which corrects the orbit.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is suitable to carry out cascade multiplication of the photoelectron in many dynodes, reduce fluctuation of the electron transit time at the time of cascade multiplication especially about the photomultiplier tube which detects pole feeble light, and measure the pulsed light of high speeds, such as a field of life-time-of-fluorescence measurement and high energy physics.

[0002]

[Description of the Prior Art] There is a thing given in "JP,2-291654,A" as structure of the photomultiplier tube, and it has structure like drawing 5.

[0003] Drawing 5 is the thing of the type called a head-on mold, and the photoelectric surface 103 of the wall, the focal electrode 102, dynodes 104-113, and an anode 114 are formed in the glass tube object 101. It is impressed by dynodes 104-113 so that a sequential increment may be carried out, as the bleed-screw electrical potential difference of 350V-1400V approaches an anode 114. Between the 1st dynode 104 and the 2nd dynode 105, the pole electrode 115 for accelerating the secondary electron produced in the 1st dynode 104 is formed, and the electrical potential difference (for example, the same electrical potential difference as the 4th dynode 107) sufficiently higher than the 1st dynode 104 is impressed to it.

[0004] If light carries out incidence to the photoelectric surface 103, photo electric translation will be carried out and a photoelectron will arise. These photoelectrons are collected with the focal electrode 102, and are sent to the 1st dynode 104. In the 1st dynode 104, a secondary electron occurs with this photoelectron, this is sent to the 2nd dynode 105, it is sent to the following dynodes 105-113 one by one, and multiplication of the secondary electron is emitted and carried out one after another (cascade multiplication). Finally it is taken out from an anode 114 as an output.

[0005] With the photomultiplier tube of this drawing 5, in case the secondary electron generated in the 1st dynode 104 is sent to the 2nd dynode 105, the secondary electron is accelerated with the pole electrode 115, and variation (TSS) is relatively decreased by shortening the electron transit time by this.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the approach of accelerating a secondary electron with the above-mentioned pole electrode 115, the secondary electron produced in the part near the pole electrode 115 on the 1st dynode 104 receives strong acceleration. However, since the orbit is separated from the pole electrode 115, acceleration of the secondary electron produced in the part far from the pole electrode 115 is weak. Therefore, variation (TSS) in the electron transit time was not fully able to be pressed down. the life-time-of-fluorescence measurement in recent years, and time amount decomposition -- a spectrum -- high-speed microscopic weak pulsed light measurement, such as measurement, is developed, and the photomultiplier tube with a still more sufficient transient response property is demanded.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the photomultiplier tube of this invention is the photomultiplier tube which carries out cascade multiplication of the electron produced by incident light in the photoelectric surface by the secondary-electron-emission effectiveness by two or more steps of dynodes, and detects incident light, and it is characterized by having the decelerating electrode which slows down what has a large rate among the secondary electrons produced from the 1st step of two or more steps of dynodes.

[0008] It is good also considering having had further the accelerating electrode which accelerates what has a rate small among the secondary electrons produced from the dynode of the 1st step as a description.

[0009] It is good also considering having given predetermined potential to the secondary electron produced from the dynode of the 1st step, and having had further the adjustment electrode which corrects the orbit as a description.

[0010]

[Function] In the photomultiplier tube, generally, the electrical potential difference is given to the dynode of each stage of cascade multiplication so that an electrical potential difference may become high at order. Electric potential has arisen by the geometric-like arrangement of the electrical potential difference to the dynode of each of this stage, and a dynode. This potential affects the rate of a secondary electron and is making the time amount to which a secondary electron reaches the dynode of the next step produce a difference.

[0011] With the photomultiplier tube of this invention, a decelerating electrode is prepared and the secondary electron is decreasing the time difference which reaches the dynode of the next step by slowing down a secondary electron with a large rate selectively.

[0012] By having further the accelerating electrode which accelerates a secondary electron with a small rate, the difference of a rate decreases more and time difference is decreased more.

[0013] The effect of the above-mentioned potential is suppressed, the generated secondary electron is completed, and the dynode of the next step is made to reach by having an adjustment electrode further.

[0014]

[Example] The example of this invention is explained with reference to a drawing. The explanation is simplified or omitted about a thing the same as that of the above-mentioned conventional example, or equivalent. Drawing 1 is an example in the type called a head-on mold.

[0015] The photoelectric surface 103 is formed in the wall of the glass tube object 101, and the focal electrode 120,121 is held with the maintenance electrode 122 in the internal side face of the glass tube object 101. It not only collects the photoelectrons from the photoelectric surface 103, but these focal electrodes 120,121 decrease the variation in the time amount which reaches the 1st dynode

104.

[0016] the 1st dynode 104 serves as a configuration to which it is arranged so that it may double with opening of the maintenance electrode 122, and the distance to the 2nd dynode 105 serves as about 1 law from each point on the field. Dynodes 104-113 serve as the geometric-like structure and arrangement which are made to converge the secondary electron to the next step, and are outputted to it in response to the secondary electron from the dynode of the preceding paragraph, and the bleed-screw electrical potential difference is impressed. Cascade multiplication of the photoelectron from the photoelectric surface 103 is carried out by these. An anode 114 sets spacing and is prepared in the secondary-electron-emission side side of the plate-like dynode 113 of the last stage.

[0017] Between the 1st dynode 104 and the 2nd dynode 105, the auxiliary electrode 60 (decelerating electrode) and the auxiliary electrode 61 (accelerating electrode) are formed. An auxiliary electrode 60 decelerates the short thing of the transit time to the 2nd dynode 105 among the secondary electrons from the 1st dynode 104. An auxiliary electrode 61 accelerates the long thing of the transit time to the 2nd dynode 105 among the secondary electron. What expanded these 60 or about 61 auxiliary electrodes is shown in drawing 2. Since he is trying for a secondary electron to converge the geometric-like structure of dynodes 104-113, and arrangement to the next step, big effectiveness is acquired only by forming auxiliary electrodes 60 and 61 between the 1st dynode 104 and the 2nd dynode 105.

[0018] An example of operating conditions, such as a bleed-screw electrical potential difference impressed to this photo-multiplier, is shown in a table 1. Since an auxiliary electrode 60 decelerates the short electron of the transit time, it is made into potential (in this case, the same potential as the 2nd dynode 105) lower than the 3rd dynode 106. Moreover, since an auxiliary electrode 61 accelerates the long electron of the transit time, it is made into potential (in this case, the same potential as the 4th dynode 107) higher than the 3rd dynode 106.

[0019]

[A table 1]

電 極	印加電圧 (V)	カソード電極との電位差 (V)
光陰極 (3)	-2250.0V	0
grid 1 (20)	-2079.0V	171.0V
Acc (21)	-527.0V	1723.0V
第1ダイノード (4)	-1448.0V	802.0V
補助電極 (60)	-1290.0V	960.0V
補助電極 (61)	-922.0V	1328.0V
第2ダイノード (5)	-1290.0V	960.0V
第3ダイノード (6)	-1053.0V	1197.0V
第4ダイノード (7)	-922.0V	1328.0V
第5ダイノード (8)	-790.0V	1460.0V
第6ダイノード (9)	-658.0V	1592.0V
第7ダイノード (10)	-527.0V	1723.0V
第8ダイノード (11)	-395.0V	1855.0V
第9ダイノード (12)	-263.0V	1987.0V
第10ダイノード (13)	-132.0V	2118.0V
マノード電極 (14)	0.0V	2250.0V

[0020] In the basis of the operating condition of this table 1, the short electron orbit 70 of the transit time and the long electron orbit 71 of the transit time are illustrated by drawing 2 among the secondary electrons from the 1st dynode 104. By the time the short electron (electron orbit 70) of the transit time reached the 2nd dynode 105, it took 780 psecs, and the long electron (electron orbit 71) of the transit time has taken 880 psecs. Those differences are 100psec(s). In the above-mentioned conventional example, it is 500 or more psecs like a "JP,2-291654,A" publication, and the variation in the transit time improves substantially. Distribution of the transit time of the conventional example and this example is shown in drawing 3. Distribution (drawing 3 (b)) of the transit time of this example is what shifted to the one among distribution (drawing 3 (a)) of the transit time of the conventional example where the short component of the transit time is longer, and was shifted to the one where the long component of the transit time is shorter with auxiliary electrodes 60 and 61. Consequently, it turns out that half-value width is narrow.

[0021] What has improved more the variation in the transit time of the photo-multiplier of drawing 1 is shown in drawing 4.

[0022] In this photomultiplier tube, the auxiliary electrode 62 (adjustment electrode) is further formed between the 1st dynode 104 and the 2nd dynode 105. An auxiliary electrode 62 suppresses the effect of the 3rd dynode 106 with potential higher than the 1st and 2nd dynode, and makes it potential (this example potential of the 1st dynode 104) lower than the 3rd dynode 106. Thereby, in drawing 1, the electron accelerated by the 3rd dynode 106 will not be accelerated, and it is completed by the electron orbit, and the difference of the transit time decreases more.

[0023] By 840psec(s) and the long electron (electron orbit 73) of the transit time, they are 890psec(s) until the short electron (electron orbit 72) of the transit time reaches the 2nd dynode 105 in location survey. Those differences are set to 50psec(s) and distribution of the transit time comes to be shown in drawing 3 (c). The variation in the transit time improves substantially as compared with the

photomultiplier tube of drawing 1 . Moreover, the variation generated in the multiplication after the 2nd dynode 105 is suppressed by convergence of an electron orbit.

[0024] Thus, in the photo-multiplier of this invention, since the variation in the transit time of a secondary electron is suppressed substantially, the transient response property of photodetection improves substantially. time resolution uses this photomultiplier tube depending on a transient response property -- high time amount decomposition -- a spectrum -- measurement becomes possible.

[0025] Not only the above-mentioned example but various deformation is possible for this invention.

[0026] For example, in this example, although the case of a head-on mold was shown, it can use also for a side-on mold. Moreover, although cascade multiplication is carried out by ten steps of dynodes, even if there are more number of stageses than this, they are good at least.

[0027]

[Effect of the Invention] since a secondary electron decreases the time difference which reaches the dynode of the next step as above according to the photomultiplier tube of this invention, the variation in the transit time of a secondary electron decreases and the time variation of incident light detection is suppressed -- the transient response property of photodetection -- improving -- this photomultiplier tube -- using -- good time amount decomposition -- a spectrum -- it is measurable.

[0028] By having an accelerating electrode further, the transient response property of photodetection can be raised further.

[0029] By having an adjustment electrode further, since a secondary electron is completed and the dynode of the next step is made to reach, detection efficiency can be raised more and the variation in the transit time of a secondary electron can be reduced.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram of one example of this invention.

[Drawing 2] The enlarged drawing near the auxiliary electrode.

[Drawing 3] The distribution map of the transit time of a secondary electron.

[Drawing 4] The block diagram of other examples of this invention.

[Drawing 5] The block diagram of the conventional example.

[Description of Notations]

60, 61, 62 -- An auxiliary electrode, 104-113 -- Dynode

[Translation done.]

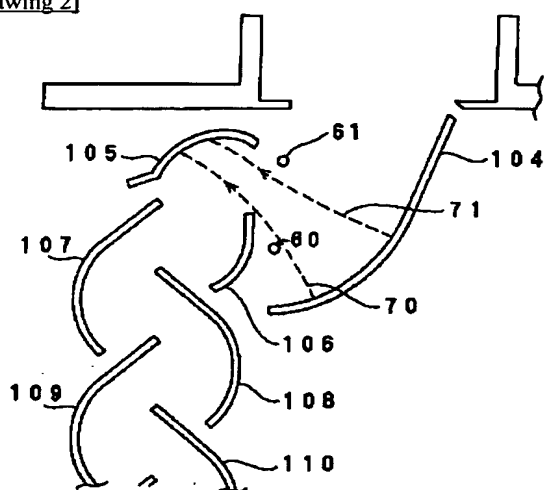
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

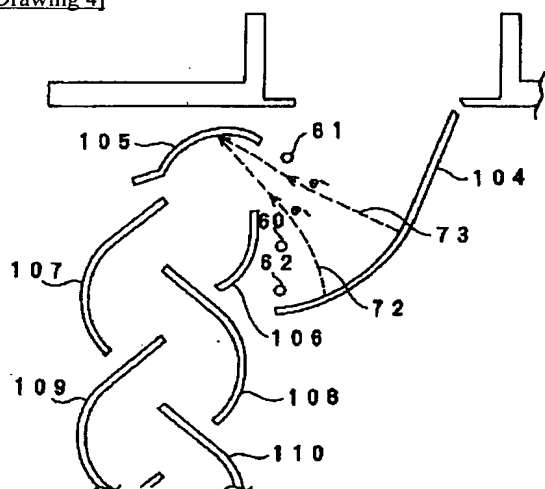
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

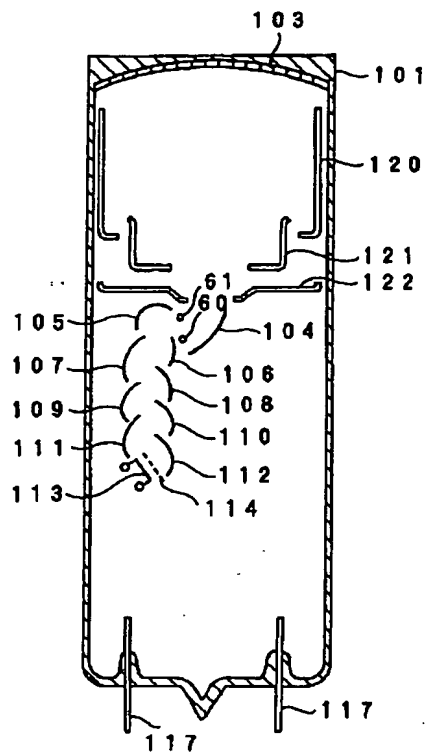
[Drawing 2]



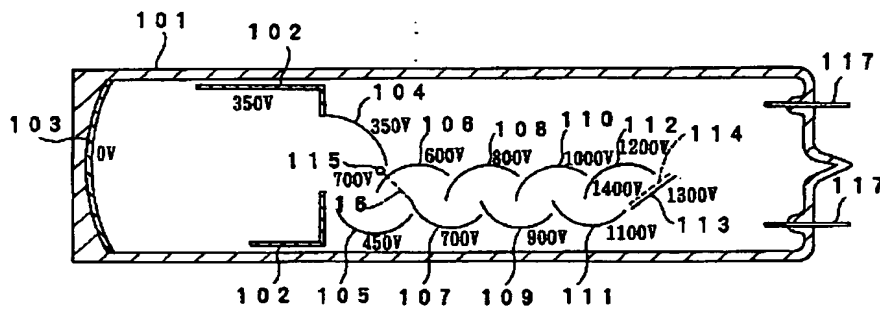
[Drawing 4]



[Drawing 1]

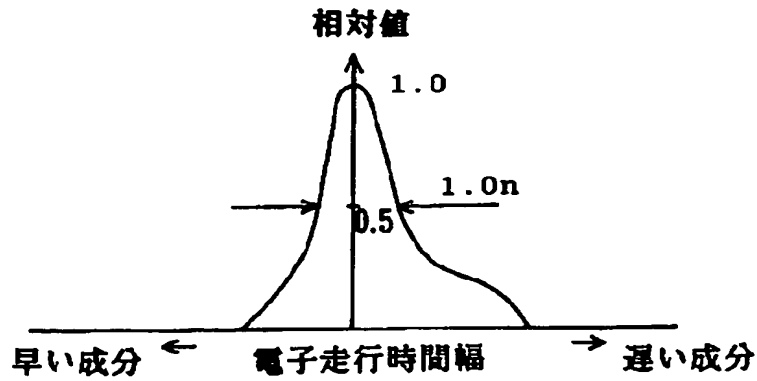


[Drawing 5]

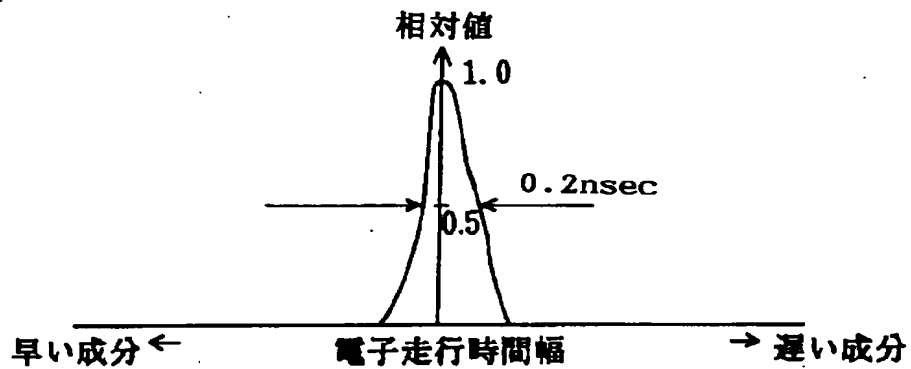


[Drawing 3]

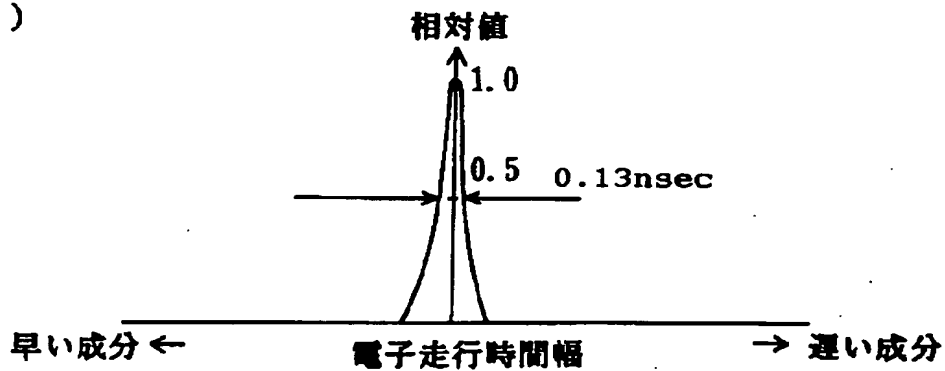
(a)



(b)



(c)






[Translation done.]

PHOTOMULTIPLIER TUBE

Patent number: JP5114384
Publication date: 1993-05-07
Inventor: NAKAMURA KOJI
Applicant: HAMAMATSU PHOTONICS KK
Classification:
- **International:** H01J43/06; H01J43/00; (IPC1-7): H01J43/06
- **European:** H01J43/06
Application number: JP19910277792 19911024
Priority number(s): JP19910277792 19911024

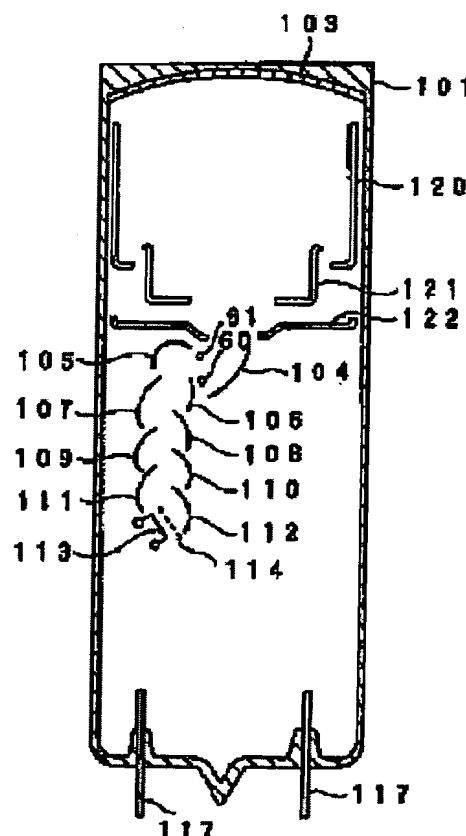
Also published as:

 EP0539229 (A)
 US5363014 (A)
 EP0539229 (B)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP5114384

PURPOSE: To reduce the fluctuation of electron transit time at the time of cascade multiplication.
CONSTITUTION: In a glass tube 101, a photoelectric cathode 103 on the inner wall, focus electrodes 120, 121, dynodes 104-113, and an anode 114 are provided. To the dynodes 104-113, bleeder voltages of 800-2250V are applied so as to be increased step by step successively according to the approach to the anode 114 respectively. Auxiliary electrodes 60, 61 are provided between the 1st. dynode 104 and the 2nd dynode 105. The auxiliary electrode 60 is used for deceleration of secondary electrons generated from the 1st. dynode 104, and a voltage equal to that of the 2nd dynode 105 is applied to it. The auxiliary electrode 61 is used for acceleration of secondary electrons and a voltage equal to that of the 4th dynode 107 is applied to it.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-114384

(43)公開日 平成5年(1993)5月7日

(51)IntCl⁵

H 0 1 J 43/06

識別記号

庁内整理番号

7135-5E

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)

(21)出願番号

特願平3-277792

(22)出願日

平成3年(1991)10月24日

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 中村 公嗣

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内

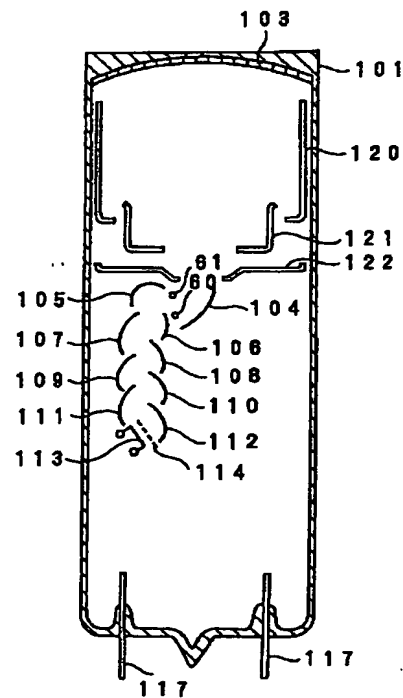
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 光電子増倍管

(57)【要約】

【目的】 カスケード増倍時の電子走行時間の揺らぎを減らす。

【構成】 ガラス管体101には、その内壁の光電面103、フォーカス電極120、121、ダイノード104~113、アノード114が設けられている。ダイノード104~113には、800V~2250Vのブリーダ電圧がアノード114へ近づくに従い順次段ごとに増加するように印加されている。第1ダイノード104と第2ダイノード105との間には、補助電極60、61が設けられている。補助電極60は、第1ダイノード104で生じる2次電子の減速用であり、第2ダイノード105と同じ電位印加されている。補助電極61は、加速用であり、第4ダイノード107と同じ電位が印加されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射光によって光電面で生じた電子を、複数段のダイノードによる2次電子放出効果にてカスケード増倍して、前記入射光を検出する光電子増倍管であって、

前記複数段のダイノードの第1段から生ずる2次電子のうち、速度の大きいものを減速する減速電極を備えたことを特徴とする光電子増倍管。

【請求項2】 前記第1段のダイノードから生ずる2次電子のうち、速度の小さいものを加速する加速電極をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の光電子増倍管。

【請求項3】 前記第1段のダイノードから生ずる2次電子に対し所定のポテンシャルを与えて、その軌道を修正する軌道修正電極をさらに備えたことを特徴とする請求項2記載の光電子増倍管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光電子を多数のダイノードにてカスケード増倍して、極微弱光を検出する光電子増倍管に関し、特に、カスケード増倍時の電子走行時間の揺らぎを減らし、蛍光寿命測定、高エネルギー物理の分野など高速のパルス光を測定するのに好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 光電子増倍管の構造として、例えば、「特開平2-291654」記載のものがあり、図5のような構造を有している。

【0003】 図5はヘッドオン型と呼ばれるタイプのもので、ガラス管体101には、その内壁の光電面103、フォーカス電極102、ダイノード104~113、アノード114が設けられている。ダイノード104~113には、350V~1400Vのプリーダ電圧がアノード114へ近づくに従い順次増加するように印加されている。第1ダイノード104と第2ダイノード105との間には、第1ダイノード104で生じる2次電子を加速するためのポール電極115が設けられ、第1ダイノード104よりも十分高い電圧（例えば、第4ダイノード107と同じ電圧）が印加されている。

【0004】 光が光電面103に入射すると、光電変換されて光電子が生じる。この光電子はフォーカス電極102で集められ、第1ダイノード104へ送られる。第1ダイノード104では、この光電子により2次電子が発生し、これが第2ダイノード105へ送られ、順次以下のダイノード105~113へ送られて、次々と2次電子が放出され増倍される（カスケード増倍）。最後にアノード114から出力として取り出される。

【0005】 この図5の光電子増倍管では、第1ダイノード104で発生した2次電子が第2ダイノード105へ送られる際、ポール電極115で2次電子を加速して

おり、これによって、電子走行時間を短くすることでバラツキ(TSS)を相対的に減少させている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上述のポール電極115で2次電子を加速する方法では、第1ダイノード104上のポール電極115に近い部分で生じた2次電子は強い加速を受ける。しかし、ポール電極115から遠い部分で生じた2次電子の加速は、その軌道はポール電極115から離れているので、弱いものになっている。そのため、電子走行時間のバラツキ(TSS)を十分におさえることができなかった。近年における蛍光寿命測定、時間分解分光計測など高速の極微弱パルス光計測は高度化し、過渡応答特性がさらに良い光電子増倍管が要望されている。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明の光電子増倍管は、入射光によって光電面で生じた電子を、複数段のダイノードによる2次電子放出効果にてカスケード増倍して、入射光を検出する光電子増倍管であって、複数段のダイノードの第1段から生ずる2次電子のうち、速度の大きいものを減速する減速電極を備えたことを特徴とする。

【0008】 第1段のダイノードから生ずる2次電子のうち、速度の小さいものを加速する加速電極をさらに備えたことを特徴としてもよい。

【0009】 第1段のダイノードから生ずる2次電子に対し所定のポテンシャルを与えて、その軌道を修正する軌道修正電極をさらに備えたことを特徴としてもよい。

【0010】

【作用】 光電子増倍管では、一般に、カスケード増倍の各段のダイノードに、順に電圧が高くなるように、電圧が与えられている。この各段のダイノードへの電圧及びダイノードの幾何的配置によって電氣的ポテンシャルが生じている。このポテンシャルは、2次電子の速度に影響を与え、2次電子が次段のダイノードに到達する時間に差を生じさせている。

【0011】 本発明の光電子増倍管では、減速電極を設けて、速度の大きい2次電子を選択的に減速することで2次電子が次段のダイノードに到達する時間差を減少させている。

【0012】 速度の小さい2次電子を加速する加速電極をさらに備えることで、速度の差がより減少し、時間差をより減少させている。

【0013】 軌道修正電極をさらに備えることで、前述のポテンシャルの影響を抑え、発生した2次電子を収束させて次段のダイノードに到達させている。

【0014】

【実施例】 本発明の実施例を図面を参照して説明する。前述の従来例と同一または同等のものについてはその説明を簡略化若しくは省略する。図1は、ヘッドオン型と

呼ばれるタイプの場合の一例である。

【0015】ガラス管体101の内壁には光電面103が形成され、ガラス管体101の内部側面には保持電極122によってフォーカス電極120、121が保持されている。これらのフォーカス電極120、121は、光電面103からの光電子を集めるだけでなく、第1ダイノード104に到達する時間のバラツキを減少させるものである。

【0016】第1ダイノード104は、保持電極122の開口部に合わせるように配置され、また、その面上の各点から第2ダイノード105までの距離がほぼ一定となる形状となっている。ダイノード104～113は、前段のダイノードからの2次電子を受けて次段へその2次電子を収束させて出力するような幾何的構造及び配置となっており、ブリーダ電圧が印加されている。これらによって光電面103からの光電子をカスケード増倍する。アノード114は、最終段の平板状ダイノード113の2次電子放出面側に間隔をおいて設けられている。

【0017】第1ダイノード104と第2ダイノード105の間には、補助電極60（減速電極）と補助電極61（加速電極）とが設けられている。補助電極60は、*

*第1ダイノード104からの2次電子のうち、第2ダイノード105までの走行時間の短いものを減速させるものである。補助電極61は、その2次電子のうち、第2ダイノード105までの走行時間の長いものを加速させるものである。これら補助電極60、61近傍を拡大したものが図2に示されている。ダイノード104～113の幾何的構造及び配置は、次段へ2次電子が収束するようにしているため、補助電極60、61を第1ダイノード104と第2ダイノード105の間に設けるだけで大きな効果が得られている。

【0018】表1には、この光電子増倍管に印加するブリーダ電圧などの動作条件の一例が示されている。補助電極60は、走行時間の短い電子を減速させるものであるから、第3ダイノード106よりも低い電位（この場合では、第2ダイノード105と同じ電位）としている。また、補助電極61は、走行時間の長い電子を加速させるものであるから、第3ダイノード106よりも高い電位（この場合では、第4ダイノード107と同じ電位）としている。

【0019】

【表1】

電 極	印加電圧 (V)	カソード電極との電位差 (V)
光陰極 (3)	-2250.0V	0
grid 1 (20)	-2079.0V	171.0V
acc (21)	-527.0V	1723.0V
第1ダイノード (4)	-1448.0V	802.0V
補助電極 (60)	-1290.0V	960.0V
補助電極 (61)	-922.0V	1328.0V
第2ダイノード (5)	-1290.0V	960.0V
第3ダイノード (6)	-1053.0V	1197.0V
第4ダイノード (7)	-922.0V	1328.0V
第5ダイノード (8)	-790.0V	1460.0V
第6ダイノード (9)	-658.0V	1592.0V
第7ダイノード (10)	-527.0V	1723.0V
第8ダイノード (11)	-395.0V	1855.0V
第9ダイノード (12)	-263.0V	1987.0V
第10ダイノード (13)	-132.0V	2118.0V
アノード電極 (14)	0.0V	2250.0V

【0020】この表1の動作条件のもとにおいて、第1ダイノード104からの2次電子のうち、走行時間の短い電子軌道70、走行時間の長い電子軌道71が、図2に例示されている。走行時間の短い電子（電子軌道70）は第2ダイノード105に到達するまでに780psecかかり、走行時間の長い電子（電子軌道71）は880psecかかっている。それらの差は100ps

secである。前述の従来例では、「特開平2-291654」記載のように500psec以上であり、走行時間のバラツキは大幅に改善されている。図3には、従来例及び本実施例の走行時間の分布が示されている。本実施例の走行時間の分布（図3（b））は、補助電極60、61によって従来例の走行時間の分布（図3（a））のうち、走行時間の短い成分が長い方にシフト

し、走行時間の長い成分が短い方にシフトしたものになっている。その結果、半値幅が狭くなっているのが分かる。

【0021】図4には、図1の光電子増倍管の走行時間のバラツキをより改善したものが示されている。

【0022】この光電子増倍管では、第1ダイノード104と第2ダイノード105の間には、補助電極62（軌道修正電極）がさらに設けられている。補助電極62は、第1、第2ダイノードよりも電位の高い第3ダイノード106の影響を抑えるもので、第3ダイノード106よりも低い電位（この例では、第1ダイノード104の電位）としている。これにより、図1では第3ダイノード106で加速されていた電子が加速されなくなり、また、電子軌道が収束して、走行時間の差がより減少する。

【0023】実測では、走行時間の短い電子（電子軌道72）が第2ダイノード105に到達するまでは840 psec、走行時間の長い電子（電子軌道73）では890 psecである。それらの差は50 psecになり、走行時間の分布は図3（c）に示すようになる。走行時間のバラツキは図1の光電子増倍管と比較して大幅に改善されている。また、電子軌道の収束により、第2ダイノード105以降の増倍で発生するバラツキが抑えられている。

【0024】このように、本発明の光電子増倍管では、2次電子の走行時間のバラツキが大幅に抑えられているため、光検出の過渡応答特性が大幅に向上する。時間分解能は過渡応答特性に依存し、この光電子増倍管を用いることで高時間分解分光計測が可能になる。

*

*【0025】本発明は前述の実施例に限らず様々な変形が可能である。

【0026】例えば、本実施例では、ヘッドオン型の場合を示したがサイドオン型にも用い得る。また、10段のダイノードでカスケード増倍しているが、段数はこれよりも多くても少なくても良い。

【0027】

【発明の効果】以上の通り本発明の光電子増倍管によれば、2次電子が次段のダイノードに到達する時間差を減少させるので、2次電子の走行時間のバラツキが減少し、入射光検出の時間的バラツキが抑えられるため、光検出の過渡応答特性が向上し、この光電子増倍管を用いて良好な時間分解分光計測をすることができる。

【0028】加速電極をさらに備えることで、光検出の過渡応答特性をさらに向上させることができる。

【0029】軌道修正電極をさらに備えることで、2次電子を収束させて次段のダイノードに到達させるため、検出効率をより向上させ、また、2次電子の走行時間のバラツキを減らすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成図。

【図2】補助電極近傍の拡大図。

【図3】2次電子の走行時間の分布図。

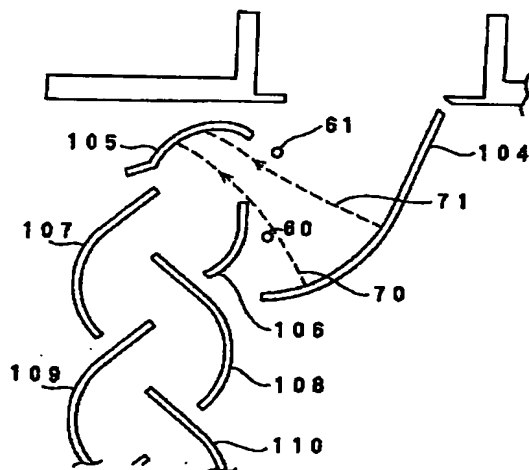
【図4】本発明の他の実施例の構成図。

【図5】従来例の構成図。

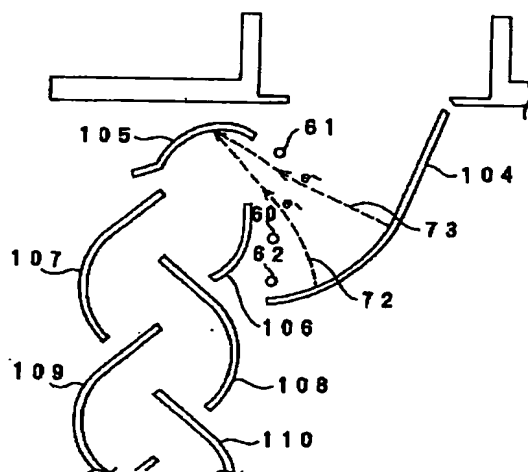
【符号の説明】

60, 61, 62…補助電極、104～113…ダイノード

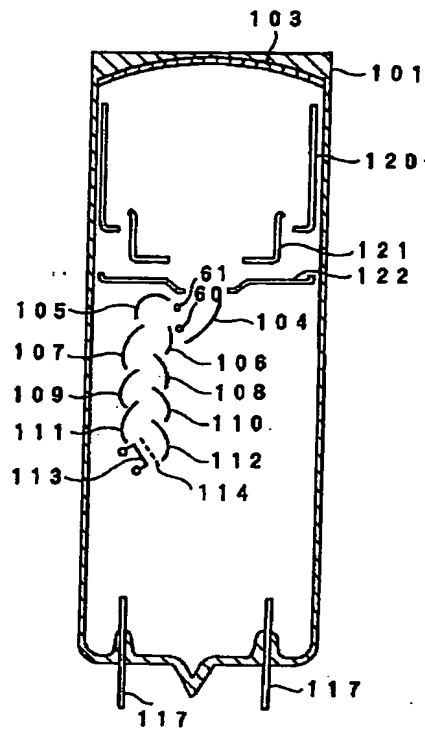
【図2】



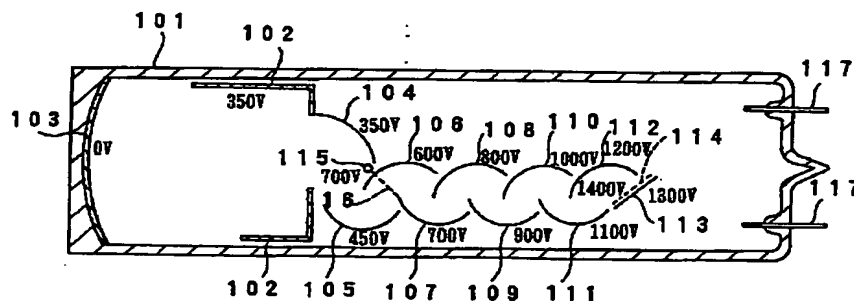
【図4】



【図1】

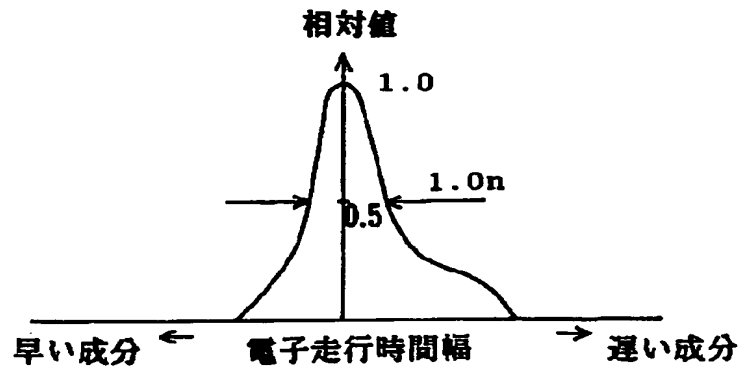


【図5】

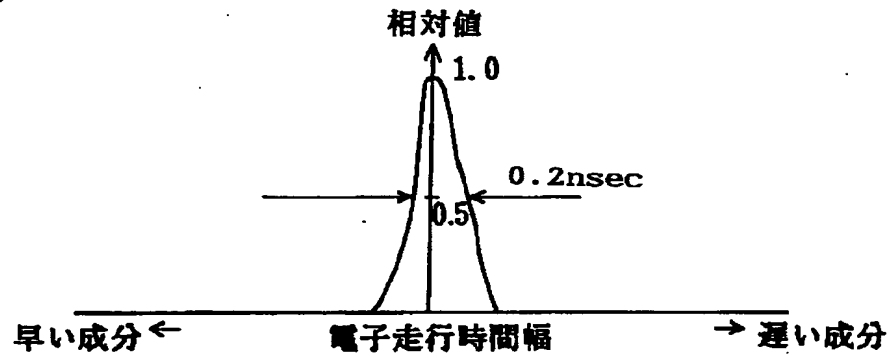


【図3】

(a)



(b)



(c)

